

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-019631

(43)Date of publication of application : 23.01.2002

(51)Int.Cl.

B62D 6/00  
 B62D 5/04  
 // B62D101:00  
 B62D113:00  
 B62D119:00

(21)Application number : 2000-205048

(71)Applicant : TOYOTA CENTRAL RES & DEV LAB INC  
 TOYODA MACH WORKS LTD

(22)Date of filing : 06.07.2000

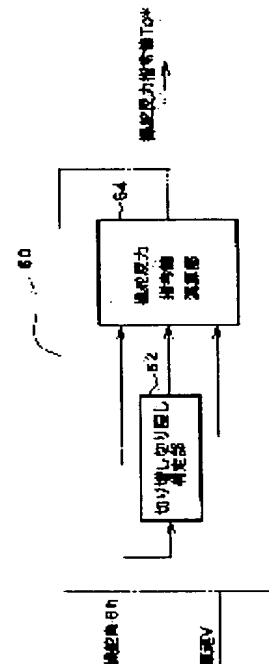
(72)Inventor : ONO HIDEKAZU  
 ASAI SHOJI  
 MOMIYAMA MINEICHI  
 TAKAHASHI TOSHIHIRO

## (54) STEERING APPARATUS AND SETTING METHOD FOR STEERING REACTION FORCE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To set steering reaction force so as to obtain a good steering feeling.

SOLUTION: A steering reaction force command value  $Tp^*$  having hysteresis characteristics to a steering angle  $\theta_h$  is calculated on the basis of the judgment whether the steering wheel is increased in steering or decreased in steering therefrom, the steering angle  $\theta_h$ , and vehicle speed  $V$ , and an actuator such as a motor is controlled so that the steering reaction force equivalent to the steering reaction force command value  $Tp^*$  applies on the steering wheel. Since the steering reaction force command value  $Tp^*$  is calculated on the basis of the judgment whether the steering wheel is increased in steering or decreased in steering and the steering angle  $\theta_h$ , an adequate steering reaction force command value  $Tp^*$  can be calculated even if the resolution of a sensor for detecting the steering angle  $\theta_h$  is rough, and the stable steering reaction force command value  $Tp^*$  can be outputted even in slow steering or keeping steering. As a result, good steering feeling can be obtained.



## \* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-19631

(P2002-19631A)

(43) 公開日 平成14年1月23日 (2002.1.23)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード(参考)
B 6 2 D 6/00		B 6 2 D 6/00	3 D 0 3 2
5/04		5/04	3 D 0 3 3
// B 6 2 D 101:00		101:00	
113:00		113:00	
119:00		119:00	
審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 9 頁)			

(21) 出願番号 特願2000-205048(P2000-205048)

(22) 出願日 平成12年7月6日(2000.7.6)

(71) 出願人 000003609

株式会社豊田中央研究所

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地  
の1

(71) 出願人 000003470

豊田工機株式会社

愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地

(72) 発明者 小野 英一

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地  
の1 株式会社豊田中央研究所内

(74) 代理人 100075258

弁理士 吉田 研二 (外2名)

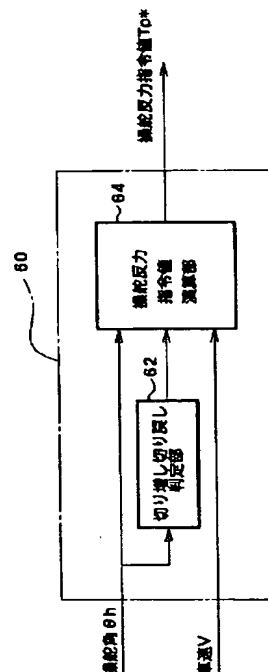
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 操舵装置および操舵反力設定方法

(57) 【要約】

【課題】 良好な操舵フィーリングが得られるよう操舵反力を設定する。

【解決手段】 操舵角 $\theta h$ からハンドルの切り増しか切り戻しかの判定と操舵角 $\theta h$ と車速 $V$ とに基づいて操舵角 $\theta h$ に対してヒステリシス特性をもった操舵反力指令値 $T p *$ を演算し、この操舵反力指令値 $T p *$ に相当する操舵反力がハンドルに作用するようモータなどのアクチュエータを駆動制御する。ハンドルの切り増しか切り戻しかの判定と操舵角 $\theta h$ とに基づいて操舵反力指令値 $T p *$ を演算するから、操舵角 $\theta h$ を検出するセンサの分解能が粗くても適切な操舵反力指令値 $T p *$ を演算することができると共にゆっくりとした操舵や保舵時でも安定した操舵反力指令値 $T p *$ を出力することができる。この結果、良好な操舵フィーリングを得ることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ハンドルの操作に応じた操舵反力を出力する車載用の操舵装置であって、

前記ハンドルの操舵角を検出する操舵角検出手段と、  
該検出した操舵角に基づいてハンドルの切り増しと切り戻しとを判定する切増切戻判定手段と、

該判定結果と前記検出された操舵角とに基づいてヒステリシス特性をもって目標操舵反力を設定する目標操舵反力設定手段と、

該設定された目標操舵反力が出力されるよう操舵反力を出力する操舵反力出力手段とを備える操舵装置。

【請求項 2】 前記目標操舵反力設定手段は、前記切増切戻判定手段が切り増しと判定したときには前記検出された操舵角と所定の増加傾向とに基づいて目標操舵反力を設定し、前記切増切戻判定手段が切り戻しと判定したときには前記検出された操舵角と所定の減少傾向とに基づいて目標操舵反力を設定する手段である請求項 1 記載の操舵装置。

【請求項 3】 前記目標操舵反力設定手段は、前記所定の増加傾向として操舵角が大きくなるほど増加の割合が小さくなる傾向を用いると共に前記所定の減少傾向として操舵角が小さくなるほど減少の割合が小さくなる傾向を用いて目標操舵反力を設定する手段である請求項 2 記載の操舵装置。

【請求項 4】 前記目標操舵反力設定手段は、前記所定の増加傾向として操舵角の増加に対して単調増加傾向で操舵角がゼロのときに正の値が目標操舵反力として設定される傾向を用いると共に前記所定の減少傾向として操舵角の減少に対して単調減少傾向で操舵角がゼロのときに負の値が目標操舵反力として設定される傾向を用いて目標操舵反力を設定する手段である請求項 2 記載の操舵装置。

【請求項 5】 前記目標操舵反力設定手段は、前記ハンドルの切り始めから所定の操舵角に至るまでは、前記切増切戻判定手段の判定結果に拘わらず、前記検出された操舵角と所定の増減傾向とに基づいて目標操舵反力を設定する手段である請求項 1 ないし 4 いずれか記載の操舵装置。

【請求項 6】 請求項 1 ないし 5 いずれか記載の操舵装置であって、  
車両の走行速度を検出する走行速度検出手段を備え、  
前記目標操舵反力設定手段は、前記走行速度検出手段により検出された走行速度に基づいて前記目標操舵反力を設定する手段である操舵装置。

【請求項 7】 前記目標操舵反力設定手段は、前記検出された走行速度に基づいて前記所定の増加傾向および／または前記所定の減少傾向の程度を変更して目標操舵反力を設定する手段である請求項 2 ないし 4 いずれかに係る請求項 6 記載の操舵装置。

【請求項 8】 請求項 1 ないし 7 いずれか記載の操舵装

置であって、

前記操舵角検出手段により検出された操舵角の変化率に基づいて前記目標操舵反力設定手段により設定された目標操舵反力を修正する目標操舵反力修正手段を備え、  
前記操舵反力出力手段は、前記目標操舵反力修正手段により修正された目標操舵反力が出力されるよう操舵反力を出力する手段である操舵装置。

【請求項 9】 前記目標操舵反力修正手段は、前記操舵角の変化率に所定のゲインを乗じた値を前記目標操舵反力に加算して該目標操舵反力を修正する手段である請求項 8 記載の操舵装置。

【請求項 10】 車両のハンドルの操作に応じた操舵反力を設定する操舵反力設定方法であって、  
前記ハンドルの操舵角に基づいてハンドルの切り増しと切り戻しかを判定し、  
該判定結果と前記ハンドルの操舵角とに基づいてヒステリシス特性をもって操舵反力を設定する操舵反力設定方法。

【請求項 11】 前記判定結果が切り増しのときには前記ハンドルの操舵角と所定の増加傾向とに基づいて操舵反力を設定し、前記判定結果が切り戻しのときには前記ハンドルの操舵角と所定の減少傾向とに基づいて操舵反力を設定する請求項 10 記載の操舵反力設定方法。

【請求項 12】 車両の走行速度に基づいて前記所定の増加傾向および／または前記所定の減少傾向の程度を変更して操舵反力を設定する請求項 11 記載の操舵反力設定方法。

【請求項 13】 前記ハンドルの切り始めから所定の操舵角に至るまでは、前記判定結果に拘わらず、前記ハンドルの操舵角と所定の増減傾向とに基づいて操舵反力を設定する請求項 10 ないし 12 いずれか記載の操舵反力設定方法。

【請求項 14】 前記ハンドルの操舵角の変化率に基づいて前記設定した操舵反力を修正し、該修正した操舵反力を新たな操舵反力として設定する請求項 10 ないし 13 いずれか記載の操舵反力設定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、操舵装置および操舵反力設定方法に関し、詳しくは、ハンドルの操作に応じた操舵反力を出力する車載用の操舵装置および車両のハンドルの操作に応じた操舵反力を設定する操舵反力設定方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、この種の操舵装置としては、ステアリングシャフトに作用するトルクを位相補償して得られた補償後のトルクと車速とに基づいて電動機から出力する操舵トルクを設定するものが提案されている。この装置では、補償後のトルクと車速と電動機への電流指令値との関係を示すマップを予め作成しておき、補償後の

トルクと車速とが与えられると、マップから与えられた補償後のトルクおよび車速に対応する電流指令値を導出し、これにより電動機から操舵トルクを出力するものとしている。そして、マップに不感領域を設けることにより保舵時の安定性を得ている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、こうした操舵装置では、良好な操舵フィーリングが得られないことがある。ステアリングシャフトに作用するトルクは、車速や回転速度などにより異なるものとなるから、単にステアリングシャフトに作用するトルクと車速とに基づいて一義的に電流指令値を導出して電動機を駆動するだけではハンドルの操作状況に適した操舵フィーリングを得ることができない。

【0004】本発明の操舵装置は、より良好な操舵フィーリングが得られる装置を提供することを目的とする。また、本発明の操舵反力設定方法は、より良好な操舵フィーリングが得られる操舵反力を設定することを目的とする。

【0005】なお、出願人は、上述の目的の一部を達成するものとして、ハンドルの操舵角と操舵角の変化率と車速とに基づいてハンドルの切り増し時と切り戻し時との操舵反力にヒステリシスが生じるよう操舵反力を出力するものを提案している（特願 2000-136082 号）。

【0006】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】本発明の操舵装置および操舵反力設定方法は、上述の目的の少なくとも一部を達成するために以下の手段を採った。

【0007】本発明の操舵装置は、ハンドルの操作に応じた操舵反力を出力する車載用の操舵装置であって、前記ハンドルの操舵角を検出する操舵角検出手段と、該検出した操舵角に基づいてハンドルの切り増しと切り戻しとを判定する切増切戻判定手段と、該判定結果と前記検出された操舵角とに基づいてヒステリシス特性をもって目標操舵反力を設定する目標操舵反力設定手段と、該設定された目標操舵反力が出力されるよう操舵反力を出力する操舵反力出力手段とを備えることを要旨とする。

【0008】この本発明の操舵装置では、操舵角検出手段により検出されたハンドルの操舵角に基づいてハンドルの切り増しと切り戻しとを判定し、この判定結果と検出した操舵角とに基づいてヒステリシス特性をもって目標操舵反力を設定する。そして、設定された目標操舵反力が出力されるよう操舵反力を出力する。ハンドルの切り増し時と切り戻し時の操舵反力にヒステリシス特性を持たせることにより、より良好な操舵フィーリングを得ることができる。しかも、ハンドルの切り増しか切り戻しかの判定と操舵角とに基づいて目標操舵反力を設定するから、保舵時の操舵反力を安定化することができる。

【0009】こうした本発明の操舵装置において、前記目標操舵反力設定手段は、前記切増切戻判定手段が切り増しと判定したときには前記検出された操舵角と所定の増加傾向とに基づいて目標操舵反力を設定し、前記切増切戻判定手段が切り戻しと判定したときには前記検出された操舵角と所定の減少傾向とに基づいて目標操舵反力を設定する手段であるものとする。この態様の本発明の操舵装置において、前記目標操舵反力設定手段は、前記所定の増加傾向として操舵角が大きくなるほど増加の割合が小さくなる傾向を用いると共に前記所定の減少傾向として操舵角が小さくなるほど減少の割合が小さくなる傾向を用いて目標操舵反力を設定する手段であるものとしたり、前記所定の増加傾向として操舵角の増加に対して単調増加傾向で操舵角がゼロのときに正の値が目標操舵反力として設定される傾向を用いると共に前記所定の減少傾向として操舵角の減少に対して単調減少傾向で操舵角がゼロのときに負の値が目標操舵反力として設定される傾向を用いて目標操舵反力を設定する手段であるものとする。また、本発明の操舵装置において、前記目標操舵反力設定手段は、前記ハンドルの切り始めから所定の操舵角に至るまでは、前記切増切戻判定手段の判定結果に拘わらず、前記検出された操舵角と所定の増減傾向とに基づいて目標操舵反力を設定する手段であるものとする。こうすれば、ハンドルの切り始めから所定の操舵角に至るまでは、所定の増減傾向に基づく操舵反力を得ることができる。即ち、所定の増減傾向の一例として操舵角にリニアな関係とすれば、ハンドルの切り増し時や切り戻し時の操舵反力をリニアなものとする。さらに、本発明の操舵装置において、車両の走行速度を検出する走行速度検出手段を備え、前記目標操舵反力設定手段は、前記走行速度検出手段により検出された走行速度に基づいて前記目標操舵反力を設定する手段であるものとする。こうすれば、走行速度に応じた操舵反力を出力することができる。この結果、より良好な操舵フィーリングを得ることができる。この態様の本発明の操舵装置において、前記目標操舵反力設定手段は、前記検出された走行速度に基づいて前記所定の増加傾向および／または前記所定の減少傾向の程度を変更して目標操舵反力を設定する手段であるものとする。また、本発明の操舵装置において、前記操舵角検出手段により検出された操舵角の変化率に基づいて前記目標操舵反力設定手段により設定された目標操舵反力を修正する目標操舵反力修正手段を備え、前記操舵反力出力手段は、前記目標操舵反力修正手段により修正された目標操舵反力が出力されるよう操舵反力を出力する手段であるものとする。こうすれば、ハンドルを手から離れた際のハンドルの平衡点への収束特

10

20

30

40

50

性を向上させることができる。この態様の本発明の操舵装置において、前記目標操舵反力修正手段は、前記操舵角の変化率に所定のゲインを乗じた値を前記目標操舵反力に加算して該目標操舵反力を修正する手段であるものとすることもできる。

【0013】本発明の操舵反力設定方法は、車両のハンドルの操作に応じた操舵反力を設定する操舵反力設定方法であって、前記ハンドルの操舵角に基づいてハンドルの切り増しか切り戻しかを判定し、該判定結果と前記ハンドルの操舵角とに基づいてヒステリシス特性をもって操舵反力を設定することを要旨とする。

【0014】この本発明の操舵反力設定方法では、ヒステリシス特性をもって操舵反力を設定するから、より良好な操舵フィーリングを得ることができる。しかも、ハンドルの操舵角に基づいて判定されるハンドルの切り増しか切り戻しかの判定結果とハンドルの操舵角とに基づいて設定するから、保舵時の操舵反力を安定化することができる。

【0015】こうした本発明の操舵反力設定方法において、前記判定結果が切り増しのときには前記ハンドルの操舵角と所定の増加傾向とに基づいて操舵反力を設定し、前記判定結果が切り戻しのときには前記ハンドルの操舵角と所定の減少傾向とに基づいて操舵反力を設定するものとすることもできる。この態様の本発明の操舵反力設定方法において、車両の走行速度に基づいて前記所定の増加傾向および／または前記所定の減少傾向の程度を変更して操舵反力を設定するものとすることもできる。こうすれば、走行速度に応じた操舵反力を設定することができる。この結果、より良好な操舵フィーリングを得ることができる。

【0016】また、本発明の操舵反力設定方法において、前記ハンドルの切り始めから所定の操舵角に至るまでは、前記判定結果に拘わらず、前記ハンドルの操舵角と所定の増減傾向とに基づいて操舵反力を設定するものとすることもできる。この態様の本発明の操舵反力設定方法では、所定の増減傾向の一例として操舵角にリニアな関係とすれば、ハンドルの切り増し時や切り戻し時の操舵反力をリニアなものとするることができる。

【0017】さらに、本発明の操舵反力設定方法は、前記ハンドルの操舵角の変化率に基づいて前記設定した操舵反力を修正し、該修正した操舵反力を新たな操舵反力として設定するものとすることもできる。こうすれば、ハンドルを手から離れた際のハンドルの平衡点への収束特性を向上させることができる。

【0018】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施の形態を実施例を用いて説明する。図1は、本発明の一実施例である車両に搭載された操舵装置20の構成の概略を示す構成図である。実施例の操舵装置20は、図示するように、ハンドル22と、ハンドル22の操舵トルクをビニオン

ギヤ26を介してラック28に伝達して操舵輪30、32の切り角を変更するステアリングシャフト24と、出力トルクを減速機36とビニオンギヤ38とを介してラック28に出力するモータ34と、装置全体をコントロールする電子制御ユニット50とを備える。

【0019】電子制御ユニット50は、CPU52を中心とするマイクロプロセッサとして構成されており、処理プログラムを記憶したROM54と、一時的にデータを記憶するRAM56と、入出力ポート（図示せず）とを備える。この電子制御ユニット50には、ステアリングシャフト24に取り付けられたトルクセンサ40からのトルク $T_h$ やステアリングシャフト24に取り付けられた操舵角センサ42からの操舵角 $\theta_h$ 、車速センサ58からの車速 $V$ などが入力ポートを介して入力されている。また、電子制御ユニット50からは、モータ34への駆動信号などが出力ポートを介して出力されている。

【0020】図2は、実施例の操舵装置20の電子制御ユニット50が操舵反力指令値 $T_{p*}$ を演算する操舵反力指令値演算ブロック60として動作するときの制御ブロックを例示する説明図である。図示するように、操舵反力指令値演算ブロック60は、入力した操舵角 $\theta_h$ に基づいてハンドル22の切り増しか切り戻しかを判定する切り増し切り戻し判定部62と、切り増し切り戻し判定部62の判定結果と操舵角 $\theta_h$ と車速 $V$ とに基づいて操舵反力指令値 $T_{p*}$ を演算する操舵反力指令値演算部64と有する。実施例の操舵装置20の電子制御ユニット50では、この操舵反力指令値演算ブロック60により演算された操舵反力指令値 $T_{p*}$ とトルクセンサ40により検出されるトルク $T_h$ とに基づいてハンドル22に作用する反力が操舵反力指令値 $T_{p*}$ となるようモータ34を駆動制御する。

【0021】操舵反力指令値演算ブロック60における切り増し切り戻し判定部62では、操舵角センサ42により検出される操舵角 $\theta_h$ に基づいてハンドル22の切り増しや切り戻しが判定される。具体的には、前回入力した操舵角 $\theta_h$ と今回入力した操舵角 $\theta_h$ との偏差の符号、即ち正負により判定する。

【0022】操舵反力指令値演算部64では、切り増し切り戻し判定部62の判定結果と操舵角 $\theta_h$ と車速 $V$ とに基づいてハンドル22に作用する操舵反力が図3に例示するようなヒステリシス特性を持つように操舵反力指令値 $T_{p*}$ を演算する。図3中、横軸は操舵角 $\theta_h$ であり、縦軸は操舵反力 $T_p$ である。また、直線A、Cは傾きが $K_1$ の直線であり、直線B、Dは傾きが $K_2$ で切片が $T_2$ 、 $-T_2$ の直線である。操舵反力指令値 $T_{p*}$ の演算は次のように行なわれる。なお、操舵反力指令値 $T_{p*}$ は、ハンドル22を右に回転したときと左に回転したときと符号が異なるだけで同様に演算されるから、操舵角 $\theta_h$ が正の方向（実施例ではハンドル22を右に回転したとき）について説明する。また、説明の容易のため

めに車速Vを用いずに操舵反力指令値 $T_p^*$ を演算する処理について説明する。

【0023】ハンドル22の切り始めの操舵角 $\theta_h$ が値0から傾き $K_1$ の直線上で直線Bと交差する角度 $\theta_1$ に至るまでは、操舵角 $\theta_h$ と操舵反力 $T_p$ とを横軸と縦軸としたときの座標上で傾き $K_1$ で原点を通る直線の関係として操舵反力指令値 $T_p^*$ を演算する。即ち、次式(1)として操舵反力指令値 $T_p^*$ を演算するのである。

$$【0024】T_p^* = K_1 \cdot \theta_h \quad (1)$$

【0025】ハンドルの運動方程式は次式(2)により表わされる。ここで、式(2)中、 $J_h$ はハンドル22を含む系のイナーシャ、 $T_h$ はハンドル22の操舵トルク、 $T_p$ は操舵反力である。また、式(2)中右辺第3\*

$$J_h \ddot{\theta}_h = -K_1 \cdot \theta_h - f_s \cdot \text{sign}(\dot{\theta}_h) \cdot \dots \cdot (2)$$

【0029】操舵角 $\theta_h$ が角度 $\theta_1$ を越えた後の切り増しのときには、操舵角 $\theta_h$ が最小分解能 $\Delta\theta_h$ ずつ切り増しが行なわれる毎に上述の式(1)から次式(4)で計算される $\Delta T$ ずつ減算する。即ち、最小分解能 $\Delta\theta_h \times 20$

$$\Delta T = (K_1 - K_2) \cdot \Delta\theta_h \quad (4)$$

$$T_p^* = K_1 \cdot \theta_h - n \cdot \Delta T$$

$$= K_1 \cdot \theta_h - n \cdot (K_1 - K_2) \cdot \Delta\theta_h \quad (5)$$

【0031】最小分解能 $\Delta\theta_h$ ずつ操舵角 $\theta_h$ が増加したときの操舵反力指令値 $T_p^*$ が設定される様子を図4に示す。図示するように、操舵角 $\theta_h$ が角度 $\theta_1$ を越えた後は、演算された操舵反力指令値 $T_p^*$ は直線B上の値となる。ハンドルの運動方程式の操舵反力 $T_p$ に式(5)の操舵反力指令値 $T_p^*$ を代入すると共に $T_h$ に★

$$J_h \ddot{\theta}_h = -K_1 \cdot \theta_h + n\Delta T - f_s \cdot \text{sign}(\dot{\theta}_h) \cdot \dots \cdot (6)$$

【0033】実施例では、最小分解能 $\Delta\theta_h$ 増加する毎に式(1)から $\Delta T$ ずつ減算するものとしたが、最小分解能 $\Delta\theta_h$ が無限小に近づけば $n \cdot \Delta T = (K_1 - K_2) \cdot (\theta_h - \theta_1)$ となるから、この関係を式(5)に代入して得られる次式(7)を用いて操舵反力指令値☆

$$T_p^* = K_2 \cdot \theta_h + (K_1 - K_2) \cdot \theta_1 \quad (7)$$

【0035】この場合、操舵角 $\theta_h$ が角度 $\theta_1$ より大きな角度 $\theta_2$ の状態からハンドル22が切り戻されたときには、操舵角 $\theta_h$ が直線A上において直線Bとの交点から直線Dとの交点に到達するのに要する角度だけ小さく◆

$$T_p^* = K_1 \cdot \theta_h - (K_1 - K_2) \cdot (\theta_2 - \theta_1) \quad (8)$$

【0037】切り戻しが判定される直前の操舵反力指令値 $T_p^*$ は、前述の切り増しの演算により図4における直線B上のポイントB2の値となっている。切り戻しが開始されると、式(8)により操舵反力指令値 $T_p^*$ は計算され、操舵反力指令値 $T_p^*$ は、図4におけるポイントB2を通過して直線Aに平行な直線A2上の値となる。ハンドルの運動方程式の操舵反力 $T_p$ に式(8)の\*

$$J_h \ddot{\theta}_h = -K_1 \cdot \theta_h + (K_1 - K_2) \cdot (Q_2 - Q_1) - f_s \cdot \text{sign}(\dot{\theta}_h) \cdot \dots \cdot (9)$$

\*項はステアリングシャフト24に発生するクーロン摩擦であり、 $f_s$ は定数である。

【0026】

【数1】

$$J_h \ddot{\theta}_h = T_h - T_p - f_s \cdot \text{sign}(\dot{\theta}_h) \cdot \dots \cdot (2)$$

【0027】この式(2)により表わされるハンドルの運動方程式の操舵反力 $T_p$ に式(1)の操舵反力指令値 $T_p^*$ を代入すると共に $T_h$ に値0を代入してハンドル22を手放した状態を考えれば、ハンドルの運動方程式は次式(3)となり、原点に収束することが解る。

【0028】

【数2】

※のn倍だけ切り増しされたときは、式(5)により操舵反力指令値 $T_p^*$ を演算する。

【0030】

★値0を代入してハンドル22を手放した状態を考えれば、ハンドルの運動方程式は次式(6)となり、操舵角 $\theta_h$ は $n \cdot \Delta T / K_1$ に収束することが解る。

【0032】

【数3】

☆ $T_p^*$ を演算するものとしてもよい。なお、式(7)中右辺第2項の $(K_1 - K_2) \cdot \theta_1$ は、図3における直線Bの切片 $T_2$ となっている。

【0034】

◆なるまで、次式(8)により操舵反力指令値 $T_p^*$ は演算される。

【0036】

\*操舵反力指令値 $T_p^*$ を代入すると共に $T_h$ に値0を代入してハンドル22を手放した状態を考えれば、ハンドルの運動方程式は次式(9)となり、操舵角 $\theta_h$ は $(K_1 - K_2) \cdot (\theta_2 - \theta_1) / K_1$ に収束することが解る。

【0038】

【数4】

【0039】次に、操舵角 $\theta h$ が、図4における直線A2と直線Dとの交点D2に相当する角度 $\theta 3$ まで切り戻されたときを考える。この角度 $\theta 3$ から更に切り戻しが必要となると、操舵角 $\theta h$ が最小分解能 $\Delta\theta h$ ずつ切り戻しが行なわれる毎に上述の式(8)に前述の式(4)で計算される $\Delta T$ ずつ加算し、操舵反力指令値 $T p *$ が図4における直線D上の値となるようにする。即ち、角度 $\theta 3$ から最小分解能 $\Delta\theta h$ の $m$ 倍だけ切り戻されたときは、次式(10)により操舵反力指令値 $T p *$ が演算されるのである。

\*【0040】

$$T p * = K 1 \cdot \theta h - (n - m) \cdot \Delta T \quad (10)$$

【0041】ハンドルの運動方程式の操舵反力 $T p$ に式(10)の操舵反力指令値 $T p *$ を代入すると共に $T h$ に値0を代入してハンドル22を手放した状態を考えれば、ハンドルの運動方程式は次式(11)となり、操舵角 $\theta h$ は $(n - m) \cdot \Delta T / K 1$ に収束することが解る。

【0042】

\*10 【数5】

$$J h \ddot{\theta h} = -K 1 \cdot \theta h + (n - m) \Delta T - f s \cdot \text{sign}(\dot{\theta h}) \cdot \dots \cdot (11)$$

【0043】図5は、操舵角 $\theta h$ とこれに対応してハンドル22に作用する操舵反力 $T p$ との関係を例示する説明図である。操舵角 $\theta h$ は、0.75秒頃にハンドル22が切り始められてから1.7秒頃に保持されるまで時間の経過に対してリニアに増加している。操舵反力 $T p$ は、0.75秒頃のハンドル22の切り始めから1.7秒頃まえ時間の経過に対して増加するが、その増加率は1.15秒頃に境に大きく変化している。これは、1.15秒頃に操舵角 $\theta h$ が角度 $\theta 1$ に至り、その後、図4における直線B上の値として操舵反力指令値 $T p *$ が演算されたことによる。なお、実施例の操舵装置20では、図5に示すように、操舵反力 $T p$ は1.7秒以降の保舵時に安定した値を保持している。

【0044】以上の説明では、説明の容易のために車速 $V$ を考慮せずに操舵反力指令値 $T p *$ を演算するものとしたが、実施例の操舵装置20では、図3および図4における直線Aの傾き $K 1$ や直線Bの傾き $K 2$ 、切片 $T 2$ を車速 $V$ に応じて変更するものとして操舵反力指令値 $T p *$ を演算している。

【0045】以上説明した実施例の操舵装置20によれば、ハンドル22の切り増しか切り戻しかの判定と操舵角 $\theta h$ とによりヒステリシス特性をもった操舵反力指令値 $T p *$ を演算し、ハンドル22に操舵反力 $T p$ を作用させることができる。したがって、操舵角センサ42の分解能が粗く、かつ、ゆっくりとした操舵を行なった場合にも、安定した操舵反力指令値 $T p *$ を演算することができる。この結果、良好な操舵フィーリングを得ることができる。特に、車速 $V$ に応じて図3および図4における直線Aの傾き $K 1$ や直線Bの傾き $K 2$ 、切片 $T 2$ を変更して操舵反力指令値 $T p *$ を演算するものとするれば、車速 $V$ に応じた快適な操舵フィーリングを得ることができる。

【0046】実施例の操舵装置20では、操舵反力指令値 $T p *$ のヒステリシス特性として平行四辺形を描くものとしたが、ヒステリシス特性が得られればよく、図6に例示するような種々の形状を描くものとしてもよい。

【0047】また、実施例の操舵装置20では、演算した操舵反力指令値 $T p *$ に基づいてモータ34を駆動制御するものとしたが、図7に例示する制御ブロックに示

すように、操舵角 $\theta h$ の時間微分である操舵角速度にダンバゲインを乗じた値を操舵反力指令値 $T p *$ に加算し、この値に基づいてモータ34を駆動制御するものとしてもよい。こうすれば、ハンドル22から手を離れたときの平衡点への収束特性を向上させることができる。

【0048】実施例の操舵装置20では、モータ34から減速機36とビニオンギヤ38を介してラック28にトルクを出力するものとしたが、トルクをラック28に出力できれば如何なるものでもよく、例えば油圧を用いてビニオンギヤ38を介してラック28にトルクを出力するものとしてもよい。

【0049】以上、本発明の実施の形態について実施例を用いて説明したが、本発明はこうした実施例に何等限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において、種々なる形態で実施し得ることは勿論である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施例である車両に搭載された操舵装置20の構成の概略を示す構成図である。

【図2】 実施例の操舵装置20の電子制御ユニット50が操舵反力指令値 $T p *$ を演算する操舵反力指令値演算ブロック60として動作するときの制御ブロックを例示する説明図である。

【図3】 操舵角 $\theta h$ と操舵反力 $T p$ との関係の一例を示す説明図である。

【図4】 操舵角 $\theta h$ から操舵反力指令値 $T p *$ が演算される様子を説明する説明図である。

【図5】 操舵角 $\theta h$ とこれに対応してハンドル22に作用する操舵反力 $T p$ との関係を例示する説明図である。

【図6】 変形例のヒステリシス特性の形状の一例を示す説明図である。

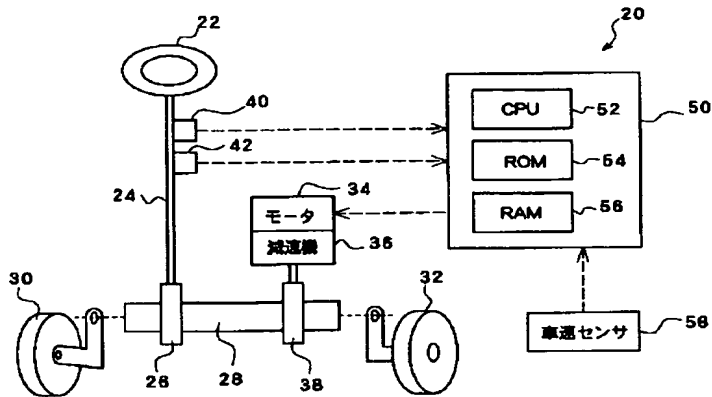
【図7】 変形例の制御ブロックの一例を示す説明図である。

【符号の説明】

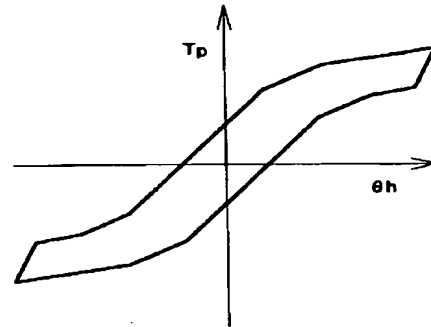
20 操舵装置、22 ハンドル、24 ステアリングシャフト、26 ビニオンギヤ、28 ラック、30、32 操舵輪、34 モータ、36 減速機、38 ビニオンギヤ、40 トルクセンサ、42 操舵角セン

サ、50 電子制御ユニット、52 CPU、54 R\* \*OM、56 RAM、58 車速センサ。

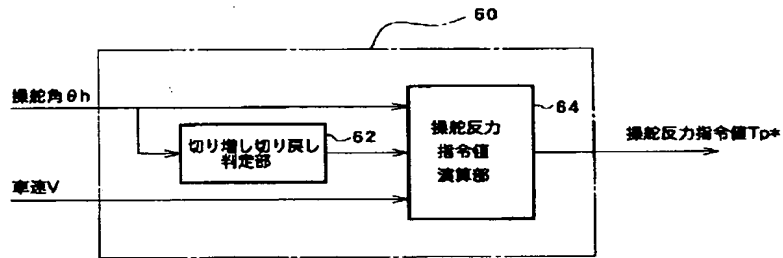
【図1】



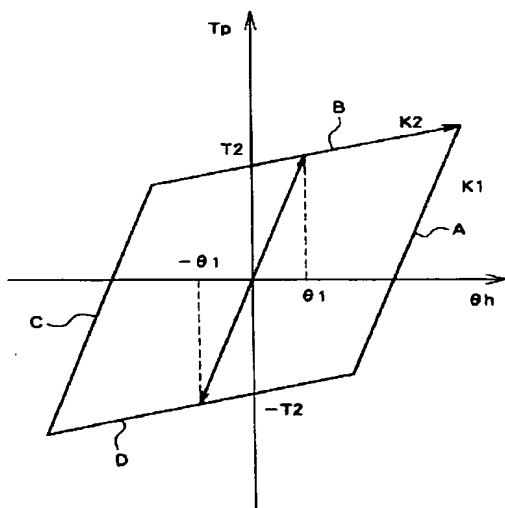
【図6】



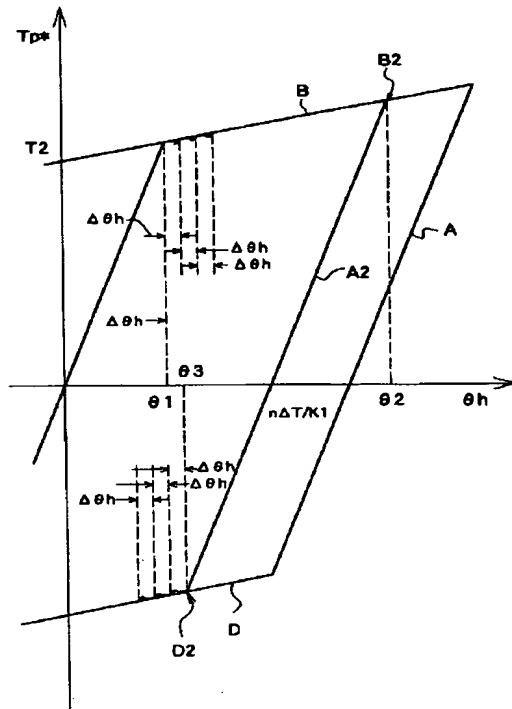
【図2】



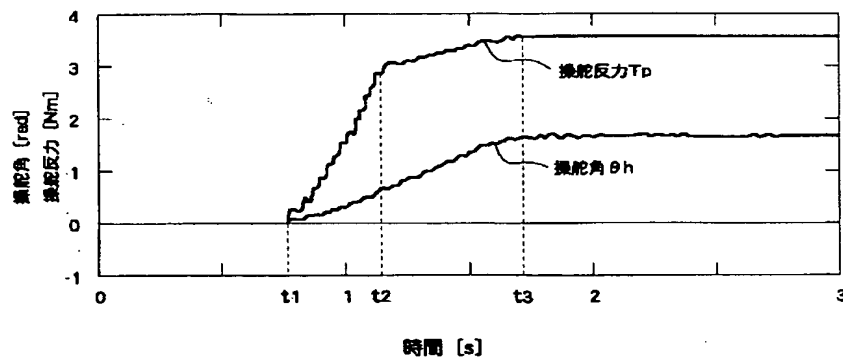
【図3】



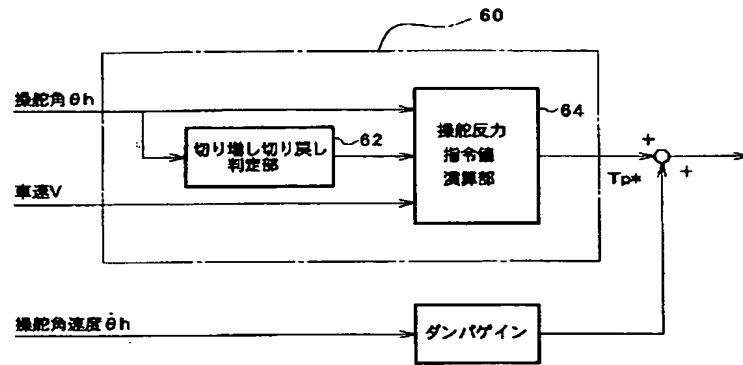
【図4】



【図5】



【図7】




---

フロントページの続き

(72)発明者 浅井 彰司

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内

(72)発明者 樫山 峰一

愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地 豊田工  
機株式会社内

(72)発明者 高橋 俊博

愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地 豊田工  
機株式会社内

F ターム(参考) 3D032 DA03 DA08 DA15 DA23 DE03

DE10 EB12 EC23

3D033 CA03 CA13 CA16 CA17 CA21